

ModiKWiB

Modellierung von industriellen Kälteanlagen und Wärmepumpen mittels Betriebsdaten

Programm / Ausschreibung	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschungsprogramm 2025 (KLIEN AV 24)	Status	laufend
Projektstart	01.07.2026	Projektende	30.06.2027
Zeitraum	2026 - 2027	Projektlaufzeit	12 Monate
Keywords	modellbasierte Analyse; Optimierung; Messdaten; Prozesswärmeversorgung; Kälteversorgung		

Projektbeschreibung

Die modellbasierte Analyse und Optimierung ermöglichen die Steigerung der Energieeffizienz und somit die Senkung des Energieverbrauches von industriellen Kälteanlagen und Wärmepumpen. Die Modellierung von Bestandsanlagen kann dabei herausfordernd sein, da technische Informationen zu verbauten Komponenten nicht immer in ausreichendem Umfang verfügbar sind.

Im Zuge dieses Projektes sollen daher Methoden zur Modellierung und Analyse mithilfe von Betriebsdaten untersucht werden. Dabei sollen beispielsweise Verfahren aus der Statistik oder dem maschinellen Lernen hinsichtlich deren Übertragbarkeit auf Aufgabenstellungen der modellbasierten Analyse von Kälteanlagen und Wärmepumpen untersucht werden. Konkret werden folgende Aufgabenstellungen betrachtet:

- Extraktion relevanter Betriebszustände aus transienten Betriebsdaten
- Einordnung dieser Betriebspunkte in Bezug auf den Betriebsbereich der Anlage
- Analyse der Einflüsse auf die Komponenten des Kältemittelkreises und Erstellung von Komponentenmodellen

Die dabei erstellten Komponentenmodelle sollen genutzt werden, um ein Simulationsmodell der Gesamtanlage aufzubauen. Die Beibehaltung der physikalischen Struktur, repräsentiert durch die miteinander verschalteten Komponenten des Kältemittelkreises, ermöglicht dabei eine Analyse der thermodynamischen Eigenschaften des Kältemittels und des jeweiligen Komponentenverhaltens, was den Informationsgehalt im Vergleich zu rein datenbasierten „Black-box“-Modellen erhöht. Zusätzlich dazu sollen die Komponentenmodelle basierend auf den relevanten physikalischen Zusammenhängen der Betriebsparameter der einzelnen Komponenten erstellt werden. Die Relevanz unterschiedlicher physikalischer Zusammenhänge bzw. der notwendige Detaillierungsgrad soll mithilfe der zu untersuchenden Methoden aus den Messdaten abgeleitet werden. Diese Vorgehensweise soll die Übertragbarkeit der entwickelten Komponentenmodelle auf andere Anlagen verbessern bzw. unter Umständen eine gewisse Extrapolierbarkeit (z. B. hinsichtlich Leistungen und Betriebsbereich) der Ergebnisse ermöglichen.

Die im Rahmen des Projektes entwickelten Methoden für die Aufgabenstellungen bei der modellbasierten Analyse sollen im Rahmen eines Nachfolgeprojektes genützt werden, um Feldanlagen (z. B. durch die Optimierung der Betriebsparameter bzw. Regelungssysteme bzw. Fehlererkennung und Diagnose) effizienter zu betreiben. Dies soll schließlich auch zur weiteren Verbreitung von Wärmepumpen zur Prozesswärmeversorgung (z. B. durch die Ableitung von Erkenntnissen aus Bestandsanlagen) beitragen.

Abstract

Model-based Analysis and Optimization enable the increase of energy efficiency and, thus, the reduction of energy consumption in industrial refrigeration systems and heat pumps. Modelling existing systems can be challenging, as technical information about the installed components is not always available in sufficient detail.

In the context of this project, methods for modelling and analysis using operational data will be investigated. For example, procedures from statistics or machine learning will be examined for their transferability to tasks related to the model-based analysis of refrigeration systems and heat pumps. Specifically, the following tasks will be addressed:

- Extraction of relevant operating states from transient operational data
- Classification of these operating points concerning the operating range of the system
- Analysis of the influences on the components of the refrigerant circuit and development of component models

The component models created this way will be set-up to build a simulation model of the entire system. Retaining the physical structure, represented by the interconnected components of the refrigerant circuit, allows for an analysis of the thermodynamic properties of the refrigerant and the behaviour of the individual components, which increases the information content and interpretability compared to purely data-driven "black-box" models. Additionally, the component models will be created based on the relevant physical relationships of the operating parameters of the individual components. The relevance of different physical relationships and the required level of detail will be derived from the measurement data using the methods to be investigated. This approach will improve the transferability of the developed component models to other systems or, in some cases, enable a certain degree of extrapolation (e.g., regarding capacities and operating range) of the results.

The methods developed within the scope of the project for the tasks of model-based analysis will be used in a follow-up project to operate field systems (e.g., by optimizing operating parameters and control systems or by fault detection and diagnosis) more efficiently. This will ultimately contribute also to the broader adoption of heat pumps for process heat supply (e.g., by deriving insights from existing systems).

Projektpartner

- Technische Universität Graz